

## 2009 年シーズンにおける直走路種目のスピードとストライドの分析

松尾彰文<sup>1)</sup> 広川龍太郎<sup>2)</sup> 柳谷登志雄<sup>3)</sup> 杉田正明<sup>4)</sup>

1) 国立スポーツ科学センター 2) 東海大学 3) 順天堂大学 4) 三重大学

### 緒言

直走路で行われる種目(男女 100m および 110m ハードル (110H) と 100m ハードル (100H)) では, レース中の最大スピードの重要性が指摘されている(阿江ら, 1995, 松尾ら, 2009). そこで, 国内の主要な大会で行ったスピード分析の結果, 100m では高速ビデオ映像によるストライド分析結果について報告する. また, いままでのスピード分析をもとに, トレーニングでの活用に向けた基準値の試みもあわせて報告する.

### 方法

科学委員会では, 4 月織田記念, 5 月大阪グランプリ, 6 月日本選手権, 7 月インターハイ, 9 月スーパー陸上でレース中の疾走スピードを測定した. 予選から決勝レースにおいてそれぞれでシード選手を中心に, 2-4 名を測定対象とした.

スピードの計測には, レーザー方式スピード測定装置(Laveg)を用いた. スタートの後方にて, 選手の背部から計測した. フィニッシュタイムと時間-距離の関係を利用して, スタートから 10m ごとに通過タイムを求めた(松尾ら, 2008). ハードル競技では, 選手の背部がハードル上の通過時間を算出した. このために, タッチダウンタイムと異なる.

ストライド分析のために, 走路の側面から, スタート付近とフィニッシュ付近にカメラを置き, レースの様子を先頭の選手を中心にスタートからフィニッシュまでをパンニング撮影した. 撮影には 299.7 コマ/秒と 209.79 コマ/秒で動画撮影ができるカメラ(EX-F1 と EX-FH20m, カシオ社製)を用いた.

動画の映像で, スタートからフィニッシュの後の 1 歩までの接地時間および離地時間を分析した. スピード計測で得られた 1/100 秒ごとの時間と距離の

データから, 接地時のトルソーの位置を推定した.

右から右, 左から左のストライドの頻度(SF)と長さ(SL)を求めた. また, 左右それぞれで 2 歩ずつの平均値を, スタート, 最大スピード区間と 90m からフィニッシュまでの区間で求め, それぞれの局面での代表値とした.

収集したデータをもとにして, トレーニング現場で活用できることを想定して, 通過タイムでは 30m と 50m, 区間通過タイムとしては 20m から 50m と 20m から 70m の通過タイムとその区間の平均スピード, 最大スピードとフィニッシュタイムとの相関と回帰式をもとめた. 20m から 50m までおよび 20m から 70m 区間としたのは, 加速走でのタイムトライアルの参考値になるように配慮した. すなわち, 20m 加速してからの 30m 間のタイムトライアル, また, 20m 加速してからの 50m 間のタイムトライアルというトレーニング形式を想定した. 男女ともにビデオ映像からの測定値も含めて処理した. 回帰式をもとにして, 男子では 9.7 秒から女子では 10.5 秒から 0.1 秒ごとにそれぞれの項目で値を算出した.

### 結果

#### 100m

男子 100m および女子 100m で測定した上位 10 名の記録, 最大スピード, その出現区間, スピード逓減率, 10m ごとの通過タイム, ラップタイム, 区間平均スピードを表 1 および表 2 に示した. ラウンドの R1 は予選, SF は準決勝, FI は決勝である. スピード逓減率は, 最大スピードに対するフィニッシュ直前 10m 区間のスピード低下率とした. 最大スピードをみると, 男子ではゲイ選手の 11.56m/s がもっとも高く, 次いで江里口選手の 11.52m/s, 塚原選手の 11.45m/s であった.

図 1 および図 2 には, 09 年シーズン, 男子 100m

表 1. 2009 年シーズン, 男子 100m においてラベックで測定したトップ 10 の記録, 最大スピード, その出現区間, スピード逓減率, 10m ごとの通過タイム, ラップタイム, 区間平均スピード  
 ラウンドの R1 は予選, SF は準決勝, FI は決勝である. スピード逓減率は, 最大スピードに対するフィニッシュ直前 10m 区間のスピード低下率とした.

日付	氏名	ラウンド	風速	記録	最大スピード	最大スピード 区間中間点	スピード 逓減率	item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
			m/s	s	m/s	m	%											
2009.6.28 江里口 匡史	SF		1.9	10.07	11.52	55	6.8	time(s)	1.91	2.94	3.86	4.74	5.61	6.48	7.35	8.24	9.14	10.07
								lap(s)	1.91	1.03	0.92	0.88	0.87	0.87	0.87	0.89	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.24	9.71	10.85	11.34	11.50	11.52	11.45	11.32	11.09	10.74
2009.6.27 塚原 直貴	R1		1.8	10.09	11.45	55	3.3	time(s)	1.92	2.96	3.89	4.79	5.67	6.54	7.42	8.30	9.19	10.09
								lap(s)	1.92	1.04	0.93	0.90	0.88	0.87	0.88	0.88	0.89	0.90
								speed(m/s)	5.20	9.68	10.68	11.11	11.40	11.45	11.39	11.34	11.29	11.07
2009.9.23 GAY, Tyson	FI		0.5	10.13	11.56	55	7	time(s)	1.93	2.99	3.92	4.82	5.69	6.56	7.43	8.30	9.20	10.13
								lap(s)	1.93	1.06	0.93	0.90	0.87	0.87	0.87	0.87	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.17	9.47	10.68	11.18	11.41	11.56	11.54	11.40	11.16	10.74
2009.6.27 木村 慎太郎	R1		1.4	10.21	11.19	55	3.6	time(s)	1.89	2.93	3.87	4.78	5.68	6.58	7.47	8.37	9.28	10.21
								lap(s)	1.89	1.04	0.94	0.91	0.90	0.90	0.90	0.90	0.91	0.93
								speed(m/s)	5.30	9.60	10.58	10.98	11.12	11.19	11.17	11.11	10.97	10.79
2009.6.28 荒尾 将吾	SF		1.9	10.22	11.31	55	5.8	time(s)	1.91	2.96	3.90	4.81	5.69	6.58	7.47	8.37	9.28	10.22
								lap(s)	1.91	1.05	0.94	0.91	0.88	0.89	0.89	0.90	0.91	0.94
								speed(m/s)	5.23	9.56	10.59	11.08	11.26	11.31	11.23	11.13	10.95	10.65
2009.4.29 高平 慎士	R1		1.8	10.28	11.26	55	4.5	time(s)	1.96	3.02	3.97	4.88	5.78	6.66	7.55	8.45	9.35	10.28
								lap(s)	1.96	1.06	0.95	0.91	0.90	0.88	0.89	0.90	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.11	9.45	10.47	10.96	11.21	11.26	11.23	11.19	11.08	10.75
2009.6.27 小島 茂之	R1		1.0	10.31	11.23	45	5.4	time(s)	1.95	3.01	3.97	4.88	5.77	6.66	7.56	8.46	9.37	10.31
								lap(s)	1.95	1.06	0.96	0.91	0.89	0.89	0.90	0.90	0.91	0.94
								speed(m/s)	5.14	9.41	10.41	10.96	11.23	11.20	11.16	11.08	11.06	10.61
2009.6.28 長沢 隼	SF		2.4	10.34	11.17	55	4.5	time(s)	1.92	2.99	3.95	4.88	5.77	6.67	7.57	8.48	9.40	10.34
								lap(s)	1.92	1.07	0.96	0.93	0.89	0.90	0.90	0.91	0.92	0.94
								speed(m/s)	5.20	9.35	10.42	10.81	11.13	11.17	11.12	10.99	10.83	10.67
2009.6.27 仁井 有介	R1		1.8	10.34	11.13	55	3.1	time(s)	1.93	2.98	3.94	4.87	5.77	6.67	7.57	8.49	9.41	10.34
								lap(s)	1.93	1.05	0.96	0.93	0.90	0.90	0.90	0.92	0.92	0.93
								speed(m/s)	5.18	9.49	10.45	10.79	11.08	11.13	11.04	10.92	10.83	10.79
2009.4.29 齋藤 仁志	R1		2.2	10.35	11.25	65	4.1	time(s)	1.98	3.05	4.02	4.94	5.85	6.74	7.63	8.52	9.42	10.35
								lap(s)	1.98	1.07	0.97	0.92	0.91	0.89	0.89	0.89	0.90	0.93
								speed(m/s)	5.06	9.31	10.32	10.79	11.04	11.23	11.25	11.18	11.13	10.79

表 2. 2009 年シーズン, 男子 100m においてラベックで測定したトップ 10 の記録, 最大スピード, その出現区間, スピード逓減率, 10m ごとの通過タイム, ラップタイム, 区間平均スピード

日付	氏名	ラウンド	風速	記録	最大スピード	最大スピード 区間中間点	スピード 逓減率	item	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
			m/s	s	m/s	m	%											
2009.9.23 FELIX, Allyson	FI		-0.8	11.22	10.23	55	6.6	time(s)	2.02	3.16	4.20	5.20	6.17	7.15	8.14	9.15	10.17	11.22
								lap(s)	2.02	1.14	1.04	1.00	0.97	0.98	0.99	1.01	1.02	1.05
								speed(m/s)	4.95	8.75	9.64	10.04	10.22	10.23	10.07	9.94	9.78	9.55
2009.4.29 福島 千里	FA		2.2	11.23	10.12	45	7.5	time(s)	1.99	3.11	4.14	5.14	6.13	7.12	8.11	9.12	10.16	11.23
								lap(s)	1.99	1.12	1.03	1.00	0.99	0.99	0.99	1.01	1.04	1.07
								speed(m/s)	5.03	8.91	9.68	10.05	10.12	10.11	10.03	9.89	9.63	9.36
2009.4.29 高橋 萌木子	FA		2.2	11.24	10.23	65	4.2	time(s)	2.06	3.22	4.27	5.29	6.27	7.26	8.23	9.22	10.22	11.24
								lap(s)	2.06	1.16	1.05	1.02	0.98	0.99	0.97	0.99	1.00	1.02
								speed(m/s)	4.86	8.64	9.45	9.87	10.13	10.19	10.23	10.16	9.98	9.80
2009.4.29 渡辺 真弓	R1		2.8	11.31	10.14	45	5.3	time(s)	2.07	3.21	4.26	5.26	6.25	7.23	8.23	9.25	10.27	11.31
								lap(s)	2.07	1.14	1.05	1.00	0.99	0.98	1.00	1.02	1.02	1.04
								speed(m/s)	4.84	8.72	9.57	9.96	10.14	10.13	10.03	9.84	9.79	9.60
2009.6.28 和田 麻希	SF		1.0	11.68	9.64	55	6	time(s)	2.04	3.20	4.28	5.32	6.36	7.40	8.44	9.50	10.58	11.68
								lap(s)	2.04	1.16	1.08	1.04	1.04	1.04	1.04	1.06	1.08	1.10
								speed(m/s)	4.91	8.58	9.30	9.58	9.64	9.64	9.56	9.47	9.28	9.06
2009.4.29 石田 智子	R1		3.4	11.74	9.65	45	7.3	time(s)	2.04	3.20	4.27	5.31	6.34	7.39	8.45	9.53	10.62	11.74
								lap(s)	2.04	1.16	1.07	1.04	1.03	1.05	1.06	1.08	1.09	1.12
								speed(m/s)	4.91	8.63	9.34	9.60	9.65	9.54	9.44	9.30	9.15	8.95
2009.6.28 佐野 夢加	SF		1.8	11.75	9.69	45	8.2	time(s)	2.08	3.24	4.31	5.35	6.38	7.42	8.46	9.53	10.63	11.75
								lap(s)	2.08	1.16	1.07	1.04	1.03	1.04	1.04	1.07	1.10	1.12
								speed(m/s)	4.82	8.60	9.30	9.64	9.69	9.67	9.56	9.40	9.12	8.89
2009.6.28 河原崎 可央里	SF		1.0	11.76	9.63	45	6.6	time(s)	2.11	3.27	4.33	5.37	6.41	7.45	8.50	9.57	10.65	11.76
								lap(s)	2.11	1.16	1.06	1.04	1.04	1.04	1.05	1.07	1.08	1.11
								speed(m/s)	4.74	8.63	9.37	9.61	9.63	9.59	9.53	9.37	9.28	9.00
2009.6.27 中野 瞳	R1		3.0	11.82	9.55	45	6.7	time(s)	2.08	3.25	4.33	5.38	6.43	7.48	8.53	9.60	10.70	11.82
								lap(s)	2.08	1.17	1.08	1.05	1.05	1.05	1.05	1.07	1.10	1.12
								speed(m/s)	4.81	8.54	9.23	9.52	9.55	9.54	9.50	9.34	9.13	8.91
2009.6.27 高木 志帆	R1		2.1	11.83	9.56	45	8	time(s)	2.03	3.20	4.28	5.33	6.38	7.43	8.49	9.58	10.69	11.83
								lap(s)	2.03	1.17	1.08	1.05	1.05	1.05	1.06	1.09	1.11	1.14
								speed(m/s)	4.92	8.53	9.26	9.52	9.56	9.55	9.39	9.18	9.00	8.79

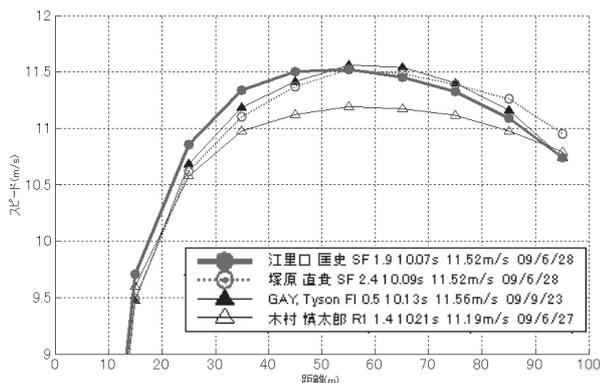


図 1. 09 年シーズン，男子 100m で測定した上位 4 名のスピード曲線

スタートから 10m までの区間ではスピードの差は顕著ではないので，9m/s 以上からのグラフとした。

と女子 100m のそれぞれで測定した上位 4 名のスピード曲線を示した。スタートから 10m までの区間ではスピードの差は顕著ではないので，男子では 9m/s 以上，女子では 8.5m/s 以上からのグラフとした。男子では，江里口選手の 20m から 50m までのスピードは，他の選手よりも明らかに高く，最大スピードはゲイ選手がもっとも高い値であった。フィニッシュ前 10m では塚原選手がもっとも高かった。女子では，20m から 30m 付近では，福島選手がフェリックス選手よりもわずかに高い値であったが，最大スピードでは，フェリックス選手が 50m から 60m 区間で，高橋選手は 60m から 70m 区間で 10.23m/s に達していた。フィニッシュ前のスピードは高橋選手がもっとも高い値であった。このように同じくらいのフィニッシュタイムでも，スピード変化を加速過程，最大スピードに到達する過程，スピードの低下の過程で比較するとレースごとの特徴が把握できるであろう。

図 3 と図 4 では最大スピード，30m ラップタイムおよびスピード低減率とフィニッシュタイムとの関係を見たものである。それぞれのプロットは 09 年シーズンの値である。男子の大きな●はボルト選手の 9.58 秒の値である。男女ともに長い直線は従来からの測定値 (A11) である。最大スピード，30m 通過タイムともに，フィニッシュタイムとの間には統計的に有意な相関関係が認められ，従来の傾向とほぼ同一線上に分布した。一方，スピード減速率は，男子の A11 では，有意な相関関係が認められているが，09 年では有意な相関は見られなかった。女子では A11 では相関がみられないが，逆に 09 年で相関が見られた。これらのことは，30m ラップと最大スピードは明らかにパフォーマンスを決める要

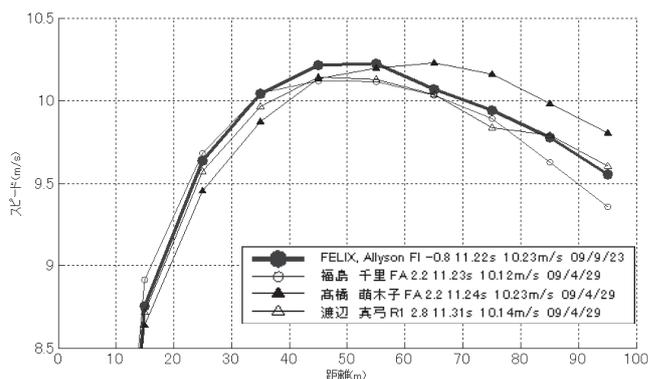


図 2. 09 年シーズン，女子 100m で測定した上位 4 名のスピード曲線

因であるといえる。

スピードはストライドの長さ×頻度の積であるので，レース中のストライドの頻度と長さの関係を見ることは，レース戦略のための基礎資料となるであろう。図 5 と 6 では，日本選手権における男女 100m の予選から決勝までの男女それぞれで上位記録 2 例を対象にスタートからフィニッシュまでのストライドを分析した結果を示した。図中の数値は，スタート直後，最大スピード区間，フィニッシュ直前のそれぞれの区間で左右 2 ストライドずつの平均値である。男子では準決勝の江里口選手 10.07 秒と塚原選手 10.09 秒のストライドの頻度と長さを比べると，江里口選手がスタートから頻度が高く，長さは塚原選手の方が長い傾向であった。特に頻度では塚原選手はスタート直後顕著に低い値を示した。両者ともに 3 秒くらいまでは徐々に頻度が増加し，その後ほぼ一定の値であるが，6 秒後くらいから徐々に減少するが，8 秒から 9 秒後には明らかに低下する傾向が見られた。一方ストライドの長さはスタート直後は急激に伸びるが，伸び方は次第に少なくなる。5 秒以降はほぼ一定の値を示すが，塚原選手ではフィニッシュ直前には顕著に長くなっていた。女子では，予選の福島選手 11.32 秒と決勝の高橋選手 11.36 秒の頻度と長さを比べると，福島選手はスタートから頻度が高い傾向であった。両者ともにスタートから 1 秒過ぎからはほぼ一定の値であるが，福島選手では 7 秒くらいから高橋選手は 8 秒くらいから徐々に減少する傾向がみられる。スタート直後の長さをみると，両者で顕著な差はないが，3 秒後以降，高橋選手のほうが長い値であった。

塚原選手と高橋選手はともに，スタート直後は 2 ストライド / 秒くらいで，最大スピード区間と比べて明らかに遅い頻度であるが，江里口選手と福島選手では最大スピードに近い頻度である。このよう

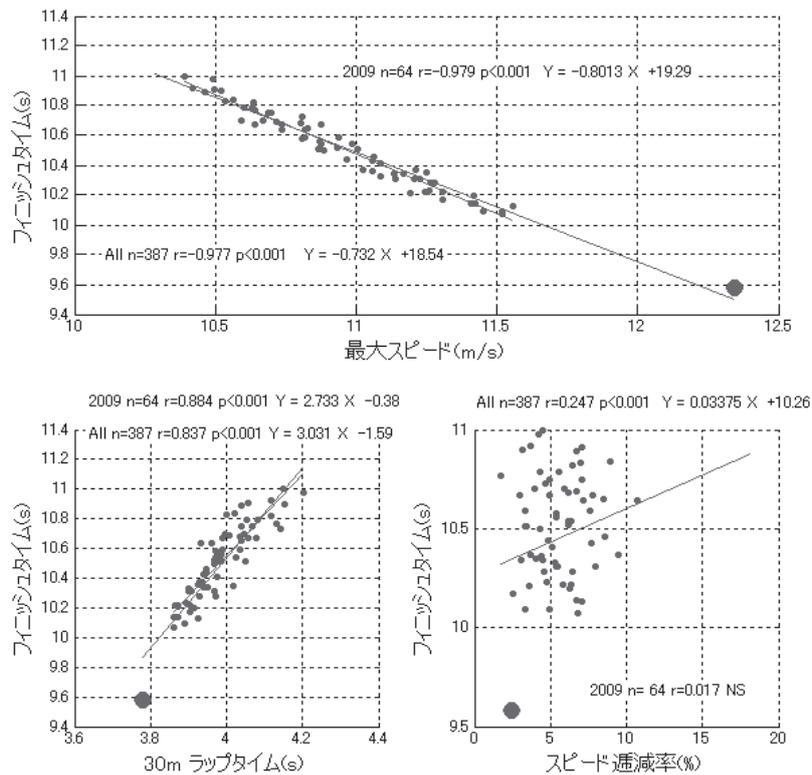


図 3. 09 年シーズン, 男子 100m で測定した最大スピード, 30m ラップ, およびスピード減速率とフィニッシュタイムの関係

All は 88 年ソウルオリンピックから 2009 年世界選手権ベルリンを含むビデオ映像による測定も含むデータである。大きな●印はボルト選手の 9.58 秒である。

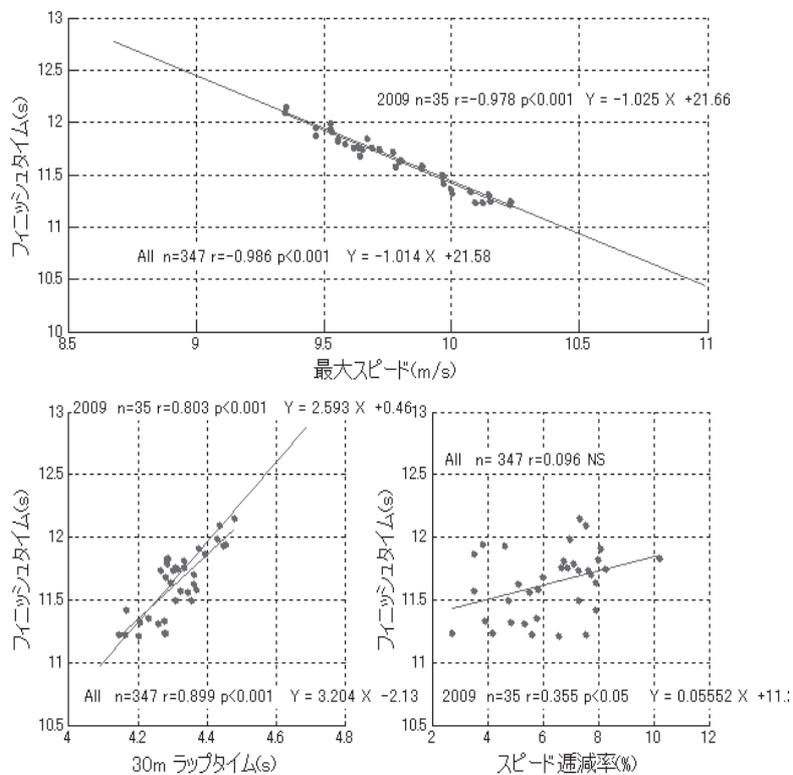


図 4. 09 年シーズン, 女子 100m で測定した最大スピード, 30m ラップ, およびスピード減速率とフィニッシュタイムの関係

All は 88 年ソウルオリンピックからのビデオ映像による測定も含むデータである。

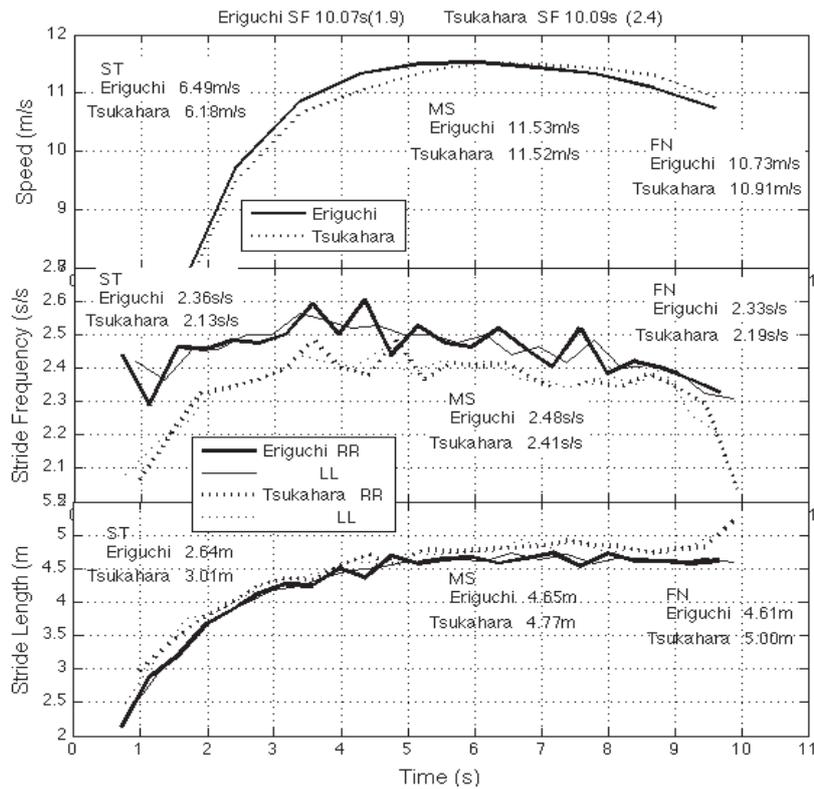


図 5. 日本選手権男子 100m 準決勝における記録上位 2 名のスピード，ストライド頻度，ストライド長の変化  
RR は右足着地から次の右足着地でみた，LL はその左足でみたストライド頻度，ストライド長である．図中の ST はスタートから 10m まで，MS は最大スピード区間，FN は 90m からフィニッシュまでの局面での値である．それぞれの値は，スピードでは 10m 区間のスピード，他は 4 ストライドの平均値である．

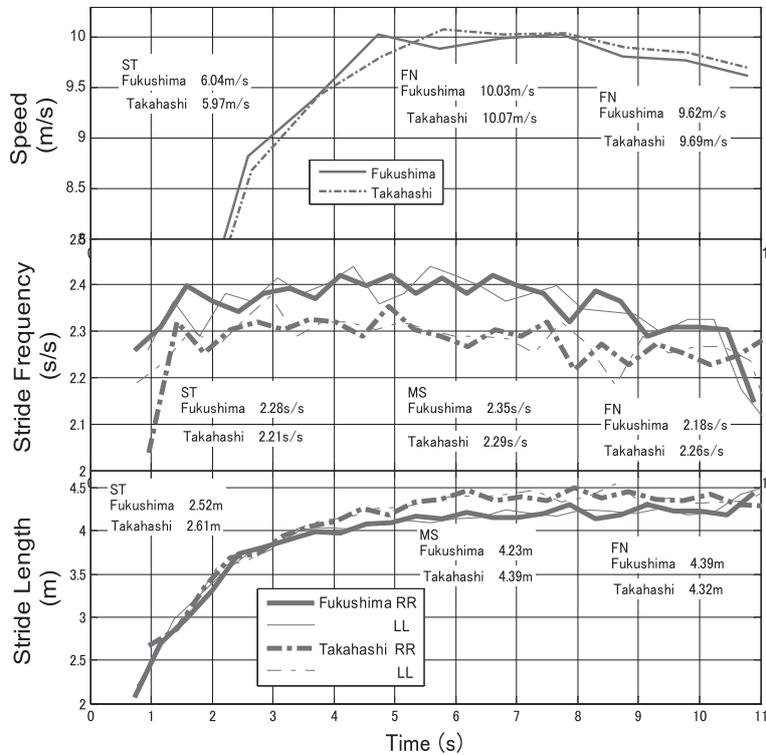


図 6. 日本選手権女子 100m 予選から決勝までの記録上位 2 名のスピード，ストライド頻度，ストライド長の変化  
図中の注釈は図 5 参照．

に、スタート直後から速い頻度のパターンと遅い頻度でスタートしたあとで頻度をあげていくパターンがあった。これらのことから、2つのパターンの優劣を議論するのではなく、別々のパターンにとらえ、選手の特性とあわせた戦略構築の必要性が示唆される。

スピード分析で100mフィニッシュタイムに影響すると項目として加速過程、最大スピード付近の指標から、30mラップタイムと50mラップタイム、最大スピードを選びだした。また、トレーニングの実践現場で行われている加速したあとのタイムトライアルを想定して20mから50mまでと20mから70mまでの2種類の区間通過タイム区間の平均スピードを求めた。フィニッシュタイムとこれらの指標との回帰式を求めた。これらの回帰式によりそれぞれの指標からフィニッシュタイムを推定するための数値を表3に示した。

男子で30mダッシュのタイムが4.02秒であれば、100mのフィニッシュタイムの10.60秒に相当するダッシュである。50mダッシュで5.60秒であれば、フィニッシュタイムは10.00秒となる。20m加速のあと30mタイムトライアル(20m加速30mTT)した

場合のタイムが2.76秒であれば、10.30秒、50mタイムトライアル(20m加速50mTT)のタイムが4.60秒であれば、10.40秒に相当する。逆に10.10秒を目標とするのであれば、参照値は、30mダッシュでは3.86秒、50mでは5.65秒、20m加速30mTTでは2.71秒、20m加速50mTTでは4.45秒、最大スピードは11.53m/sとなる。女子でみると、フィニッシュタイムの目標が11.50秒の場合、30mダッシュでは4.25秒、50mダッシュでは6.30秒、20m加速30mTTでは3.09秒、20m加速50mTTでは5.12秒が参照値となる。これらの参照値は統計的に算出した平均的な参照値であるために、選手の特性によっては個別に設定することが必要となるであろう。トレーニング現場では手動のストップウォッチでタイムの計測が行われている。より精度の高いタイム計測のためには光電管あるいはラベックのような測定装置が必要であるが、ここで示した区間の通過タイムは、トレーニング現場で活用できるであろう。

#### ハードル

男女ハードル競技における上位10名のラウンド、風速、記録、最大スピード、その出現区間およびハー

表3. スピード分析結果から、100mフィニッシュタイムとの回帰式をもとにした30mと50mの通過タイム、20m加速30mタイムトライアル、20m加速50mタイムトライアルおよび最大スピードからのフィニッシュタイム推定値表

男子では11.08秒よりもまた、女子では12.89秒よりも遅い計測値がないが、男子では12秒まで、女子は13秒まで算出した。

男子 y = ax + b (n=387)	通過タイム(s)		区間通過タイム(s)		区間スピード(m/s)		
	30m	50m	20m-50m	20m-70m	20m-50m	20m-70m	TopSpeed
a	3.069	2.13	3.612	2.041	-0.9433	-0.8664	-0.732
b	-1.74	-1.93	0.32	1.01	20.54	19.82	18.54
r	0.846	0.942	0.976	0.986	0.974	0.986	0.977
100mタイム	9.60	3.70 5.41	2.57 4.21	11.60 11.80	12.21		
	9.70	3.73 5.46	2.60 4.26	11.49 11.68	12.08		
	9.80	3.76 5.51	2.62 4.31	11.39 11.57	11.94		
	9.90	3.79 5.55	2.65 4.36	11.28 11.45	11.80		
	10.00	3.83 5.60	2.68 4.40	11.17 11.33	11.67		
	10.10	3.86 5.65	2.71 4.45	11.07 11.22	11.53		
	10.20	3.89 5.69	2.74 4.50	10.96 11.10	11.39		
	10.30	3.92 5.74	2.76 4.55	10.86 10.99	11.26		
	10.40	3.96 5.79	2.79 4.60	10.75 10.87	11.12		
	10.50	3.99 5.84	2.82 4.65	10.64 10.76	10.98		
	10.60	4.02 5.88	2.85 4.70	10.54 10.64	10.85		
	10.70	4.05 5.93	2.87 4.75	10.43 10.53	10.71		
	10.80	4.09 5.98	2.90 4.80	10.33 10.41	10.57		
	10.90	4.12 6.02	2.93 4.85	10.22 10.30	10.44		
	11.00	4.15 6.07	2.96 4.89	10.11 10.18	10.30		
	11.20	4.22 6.16	3.01 4.99	9.90 9.95	10.03		
	11.40	4.28 6.26	3.07 5.09	9.69 9.72	9.75		
	11.60	4.35 6.35	3.12 5.19	9.48 9.49	9.48		
	11.80	4.41 6.45	3.18 5.29	9.27 9.26	9.21		
	12.00	4.48 6.54	3.23 5.38	9.05 9.03	8.93		
女子 y = ax + b (n=347)	通過タイム(s)		区間通過タイム(s)		区間スピード(m/s)		
	30m	50m	20m-50m	20m-70m	20m-50m	20m-70m	top speed
a	3.204	2.098	3.559	2.02	-1.178	-1.103	-1.014
b	-2.13	-1.71	0.50	1.16	22.95	22.28	21.58
r	0.899	0.973	0.982	0.991	0.976	0.989	0.986
100mタイム	10.50	3.94 5.82	2.81 4.62	10.57 10.68	10.93		
	10.60	3.97 5.87	2.84 4.67	10.48 10.59	10.83		
	10.70	4.00 5.92	2.87 4.72	10.40 10.50	10.73		
	10.80	4.04 5.96	2.89 4.77	10.31 10.41	10.63		
	10.90	4.07 6.01	2.92 4.82	10.23 10.32	10.53		
	11.00	4.10 6.06	2.95 4.87	10.14 10.23	10.43		
	11.10	4.13 6.11	2.98 4.92	10.06 10.14	10.34		
	11.20	4.16 6.15	3.01 4.97	9.97 10.05	10.24		
	11.30	4.19 6.20	3.03 5.02	9.89 9.95	10.14		
	11.40	4.22 6.25	3.06 5.07	9.80 9.86	10.04		
	11.50	4.25 6.30	3.09 5.12	9.72 9.77	9.94		
	11.60	4.29 6.34	3.12 5.17	9.63 9.68	9.84		
	11.70	4.32 6.39	3.15 5.22	9.55 9.59	9.74		
	11.80	4.35 6.44	3.18 5.27	9.47 9.50	9.64		
	11.90	4.38 6.49	3.20 5.32	9.38 9.41	9.55		
	12.00	4.41 6.53	3.23 5.37	9.30 9.32	9.45		
	12.10	4.44 6.58	3.26 5.42	9.21 9.23	9.35		
	12.20	4.47 6.63	3.29 5.47	9.13 9.14	9.25		
	12.30	4.50 6.68	3.32 5.51	9.04 9.05	9.15		
	12.40	4.53 6.73	3.34 5.56	8.96 8.96	9.05		
	12.50	4.57 6.77	3.37 5.61	8.87 8.87	8.95		
	12.60	4.60 6.82	3.40 5.66	8.79 8.78	8.86		
	12.70	4.63 6.87	3.43 5.71	8.70 8.69	8.76		
	12.80	4.66 6.92	3.46 5.76	8.62 8.59	8.66		
	12.90	4.69 6.96	3.48 5.81	8.53 8.50	8.56		
	13.00	4.72 7.01	3.51 5.86	8.45 8.41	8.46		

ドル間のタイム、ラップ、スピードを表4と表5に示した。男子110mハードルでもっとも速かったのはトーマス選手13.37秒の9.09m/s、次いで尹選手13.40秒の9.02m/s、そして田野中選手13.57秒の8.82m/sであった。一方、女子100mハードルではフェリシア選手12.74秒の8.71m/s、次いでファウンテン選手13.15秒の8.37m/s、石野選手13.15秒の8.35m/s、寺田選手13.05秒の8.34m/sの順であった。ハードル間のスピード変化をみたものを図7と図8、また、上位10名の測定値を表横軸はスタートからの距離であるが、ハードル位置の番号とした。第1ハードルまでのスピードには、顕著な差がないため、1台目以降のハードル間スピードの比較ができるよう男子では8m/s以上、女子では7.6m/s以上のスピードの表示とした。男子ではトーマス選手や尹選手は4台目あるいは5台目までスピードを増加させていた。日本選手では、3台目まで田野中選手のスピードはトーマス選手や尹選手とほぼ同じ水準であった。また、女子では、フェリシア選手のスピードは4台目以降でも増加していた。日本選手では、フェリシア選手と比べると2台目までのスピードでも差があった。

図9では、最大スピードとフィニッシュタイムとの関係みたものである。図中のA11は06年からラベックで測定したデータであり、男子では119例、女子では121例であった。09年のデータも従来からのデータとほぼ同じように分布し、両者間で統計的に有意な負の相関関係があることが認められた。相関係数をみると男子ではA11では $r=-0.877$ 、09年でも $r=-0.854$ であり、100mハードルよりも低い値であった。また、女子ではA11で $r=-0.965$ 、09年で $r=-0.982$ で男子110mハードルよりも高くほぼ100mと同じ程度の値であった。これらのことは、男子110mハードルではハードル間のスピード以外の要因の影響もあることが示唆される。1台目までのタイム、10台目からフィニッシュまで、あるいは後半のスピード低下などの要因が考えられる。

## まとめ

国内の主要な大会で男子100mでは64例、女子100mでは35例、男子110mハードルでは33例、女子100mハードルでは42例のデータ収集が行えた。

1. 男女100mでは、レーザー方式によるスピード分析により、最大スピードとフィニッシュタイムとの間には従来通り統計的に有意な関係であったが、最大スピードに至までの加速過程に

個人差があることが示された。

2. 高速ビデオ映像からレース中のストライドの頻度と長さを男子2例、女子2例を分析した。その結果、スタート時にストライドの頻度が遅いパターンとスタートから速い頻度で加速するパターンがあり、レース戦略のための基礎的な資料となるであろう。
3. レース分析の成果として、トレーニング現場での活用を想定して30mと50mの通過タイム、20m加速30mタイムトライアルや20m加速50mタイムトライアルのタイムから、フィニッシュタイムを想定できるような換算表を提供した。
4. 男子110mハードルと女子100mハードルでも最大スピードとフィニッシュタイムとの有意な相関関係が認められている。

## 参考文献

1. 阿江通良・鈴木美佐緒・宮西智久・岡田英孝・平野敬靖(1994) 世界一流スプリンターの100mレースパターンの分析-男子を中心に-, 世界一流陸上競技者の技術. ベースボール・マガジン社: 東京, 14-28.
2. 松尾彰文・広川龍太郎・柳谷登志雄・杉田正明(2009) 2008年男女100m, 110mハードルおよび100mハードルのレース分析. 陸上競技研究紀要, 5: 50-62.

表 4. 男子 110m ハードルで測定した上位 10 名のラウンド、風速、記録、最大スピード、その出現区間およびハードル間のタイム、ラップ、スピード

最大スピード出現区間は前後の台数とした。そこで、F はフィニッシュである。

日付	氏名	ラウンド	風速 m/s	記録 s	最大スピード m/s	最大スピード 区間台数 m	item											
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	110m
2009.9.23 THOMAS, Dwight	FI	-1.3	13.37	9.09	10-F		time(s)	2.45	3.52	4.56	5.58	6.62	7.65	8.7	9.73	10.78	11.83	13.37
							lap(s)	2.45	1.07	1.04	1.02	1.04	1.03	1.05	1.03	1.05	1.05	1.54
							speed(m/s)	5.6	8.52	8.8	8.94	8.83	8.83	8.76	8.84	8.72	8.7	9.09
2009.4.29 尹 靖	FI	1.9	13.4	9.02	4-5		time(s)	2.45	3.52	4.56	5.58	6.59	7.61	8.65	9.7	10.75	11.81	13.4
							lap(s)	2.45	1.07	1.04	1.02	1.01	1.02	1.04	1.05	1.05	1.06	1.59
							speed(m/s)	5.61	8.55	8.79	8.93	9.02	8.94	8.83	8.73	8.7	8.62	8.8
2009.6.27 田野中 輔	FI	1.6	13.57	8.82	10-F		time(s)	2.46	3.53	4.58	5.62	6.67	7.72	8.78	9.83	10.9	11.98	13.57
							lap(s)	2.46	1.07	1.05	1.04	1.05	1.05	1.06	1.05	1.07	1.08	1.59
							speed(m/s)	5.57	8.54	8.75	8.76	8.75	8.72	8.62	8.63	8.55	8.49	8.82
2009.6.27 首藤 貴之	FI	1.6	13.77	8.64	3-4		time(s)	2.44	3.54	4.61	5.66	6.74	7.8	8.88	9.95	11.03	12.13	13.77
							lap(s)	2.44	1.1	1.07	1.05	1.08	1.06	1.08	1.07	1.08	1.1	1.64
							speed(m/s)	5.62	8.34	8.55	8.64	8.49	8.62	8.5	8.52	8.47	8.31	8.53
2009.9.23 モーゼス 夢	FI		13.77	8.64	3-4		time(s)	2.46	3.54	4.61	5.67	6.74	7.82	8.89	9.97	11.05	12.14	13.77
							lap(s)	2.46	1.08	1.07	1.06	1.07	1.08	1.07	1.08	1.08	1.09	1.63
							speed(m/s)	5.59	8.45	8.49	8.64	8.57	8.48	8.52	8.48	8.43	8.36	8.63
2009.6.26 大橋 祐二	R1	0.6	13.78	8.75	3-4		time(s)	2.46	3.55	4.61	5.65	6.7	7.76	8.83	9.9	11	12.12	13.78
							lap(s)	2.46	1.09	1.06	1.04	1.05	1.06	1.07	1.07	1.1	1.12	1.66
							speed(m/s)	5.58	8.39	8.64	8.75	8.72	8.62	8.53	8.51	8.3	8.22	8.43
2009.6.27 内藤 真人	SF	0.5	13.79	8.78	3-4		time(s)	2.5	3.59	4.65	5.69	6.74	7.8	8.86	9.93	11.02	12.14	13.79
							lap(s)	2.5	1.09	1.06	1.04	1.05	1.06	1.06	1.07	1.09	1.12	1.65
							speed(m/s)	5.48	8.45	8.62	8.78	8.68	8.64	8.61	8.52	8.4	8.19	8.48
2009.6.26 古川 裕太郎	R1	0.6	13.82	8.63	3-4		time(s)	2.41	3.51	4.57	5.63	6.7	7.77	8.85	9.93	11.04	12.16	13.82
							lap(s)	2.41	1.1	1.06	1.06	1.07	1.07	1.08	1.08	1.11	1.12	1.66
							speed(m/s)	5.69	8.35	8.56	8.63	8.6	8.52	8.48	8.43	8.22	8.16	8.45
2009.4.29 朴 泰碩	H1	0.6	13.87	8.57	4-5		time(s)	2.45	3.54	4.61	5.68	6.74	7.82	8.93	10.03	11.13	12.23	13.87
							lap(s)	2.45	1.09	1.07	1.07	1.06	1.08	1.11	1.1	1.1	1.1	1.64
							speed(m/s)	5.61	8.38	8.53	8.54	8.57	8.47	8.29	8.25	8.34	8.32	8.55
2009.6.26 八幡 賢司	R1	0.3	13.91	8.59	3-4		time(s)	2.44	3.52	4.6	5.66	6.73	7.81	8.91	10.01	11.11	12.23	13.91
							lap(s)	2.44	1.08	1.08	1.06	1.07	1.08	1.1	1.1	1.1	1.12	1.68
							speed(m/s)	5.63	8.41	8.51	8.59	8.5	8.47	8.36	8.32	8.26	8.16	8.35

表 5. 女子 100m ハードルで測定した上位 10 名のラウンド、風速、記録、最大スピード、その出現区間およびハードル間のタイム、ラップ、スピード

最大スピード出現区間は前後の台数とした。そこで、F はフィニッシュである。

日付	氏名	ラウンド	風速 m/s	記録 s	最大スピード m/s	最大スピード 区間台数 m	item											
								1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	100m
2009/9/23 FELICIEEN, Perdi	FI	0.3	12.74	8.71	6-7		time(s)	2.44	3.49	4.50	5.49	6.47	7.45	8.42	9.43	10.46	11.48	12.74
							lap(s)	2.44	1.05	1.01	0.99	0.98	0.98	0.97	1.01	1.03	1.02	1.26
							speed(m/s)	5.32	8.11	8.42	8.62	8.65	8.67	8.71	8.47	8.25	8.31	8.34
2009/6/26 寺田 明日香	FI	1.9	13.05	8.34	10-FI		time(s)	2.47	3.53	4.57	5.60	6.62	7.65	8.67	9.70	10.74	11.79	13.05
							lap(s)	2.47	1.06	1.04	1.03	1.02	1.03	1.02	1.03	1.04	1.05	1.26
							speed(m/s)	5.26	8.00	8.19	8.27	8.33	8.30	8.32	8.26	8.15	8.08	8.34
2009/6/26 石野 真美	FI	1.9	13.15	8.35	3-4		time(s)	2.48	3.55	4.57	5.58	6.60	7.62	8.65	9.69	10.75	11.83	13.15
							lap(s)	2.48	1.07	1.02	1.01	1.02	1.02	1.03	1.04	1.06	1.08	1.32
							speed(m/s)	5.23	8.00	8.34	8.35	8.35	8.32	8.26	8.19	8.03	7.86	7.96
2009/9/23 FOUNTAIN, Hylea	FI	0.3	13.15	8.37	3-4		time(s)	2.48	3.55	4.57	5.59	6.61	7.63	8.67	9.71	10.77	11.84	13.15
							lap(s)	2.48	1.07	1.02	1.02	1.02	1.02	1.04	1.04	1.06	1.07	1.31
							speed(m/s)	5.25	7.93	8.28	8.37	8.33	8.33	8.21	8.15	8.02	7.91	8.03
2009/6/26 城下 麗奈	FI	1.9	13.26	8.18	4-5		time(s)	2.49	3.57	4.63	5.68	6.72	7.76	8.80	9.84	10.90	11.97	13.26
							lap(s)	2.49	1.08	1.06	1.05	1.04	1.04	1.04	1.04	1.06	1.07	1.29
							speed(m/s)	5.22	7.85	8.03	8.12	8.18	8.14	8.17	8.16	8.07	7.95	8.12
2009/6/26 熊谷 史子	SF	1.0	13.5	8.14	4-5		time(s)	2.50	3.60	4.67	5.72	6.77	7.82	8.89	9.96	11.05	12.15	13.50
							lap(s)	2.50	1.10	1.07	1.05	1.05	1.05	1.07	1.07	1.09	1.10	1.35
							speed(m/s)	5.21	7.74	7.94	8.05	8.14	8.03	8.00	7.90	7.80	7.73	7.80
2009/6/25 紫村 仁美	R1	1.5	13.66	7.99	3-4		time(s)	2.54	3.64	4.71	5.78	6.85	7.92	9.00	10.08	11.18	12.30	13.66
							lap(s)	2.54	1.10	1.07	1.07	1.07	1.07	1.08	1.08	1.10	1.12	1.36
							speed(m/s)	5.11	7.75	7.91	7.99	7.93	7.90	7.90	7.84	7.72	7.61	7.73
2009/4/29 赤井 涼香	H1	2.1	13.72	8.05	4-5		time(s)	2.55	3.67	4.75	5.81	6.86	7.92	9.00	10.10	11.21	12.34	13.72
							lap(s)	2.55	1.12	1.08	1.06	1.05	1.06	1.08	1.10	1.11	1.13	1.38
							speed(m/s)	5.10	7.62	7.88	8.00	8.05	8.02	7.89	7.76	7.64	7.51	7.60
2009/6/25 中村 梨穂	R1	1.5	13.76	7.94	4-5		time(s)	2.56	3.67	4.75	5.82	6.89	7.97	9.06	10.15	11.26	12.39	13.76
							lap(s)	2.56	1.11	1.08	1.07	1.07	1.08	1.09	1.09	1.11	1.13	1.37
							speed(m/s)	5.08	7.68	7.87	7.93	7.94	7.85	7.79	7.81	7.69	7.53	7.65
2009/6/25 柴 梨沙	R1	0.0	13.81	7.89	4-5		time(s)	2.46	3.57	4.66	5.74	6.82	7.91	9.01	10.12	11.24	12.37	13.81
							lap(s)	2.46	1.11	1.09	1.08	1.08	1.09	1.10	1.11	1.12	1.13	1.44
							speed(m/s)	5.28	7.65	7.81	7.86	7.89	7.78	7.76	7.66	7.60	7.51	7.28

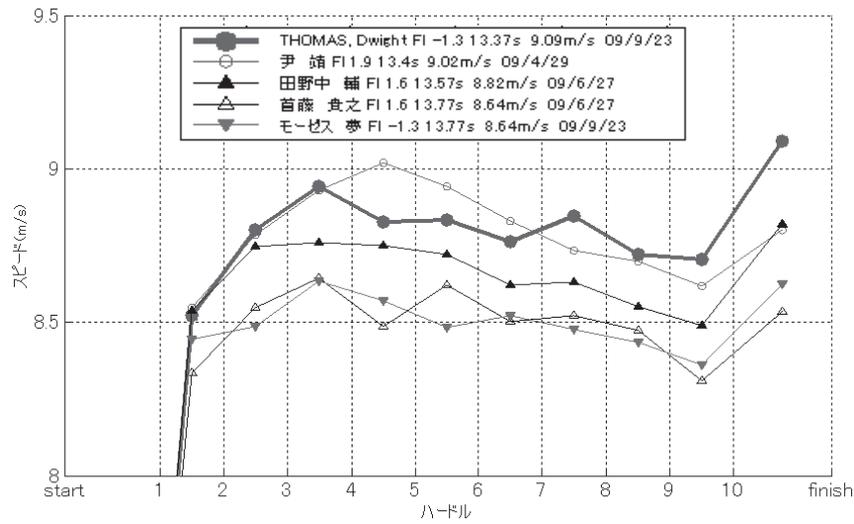


図 7. 09 年シーズン，男子 110m ハードルで測定した上位 5 名のスピード曲線

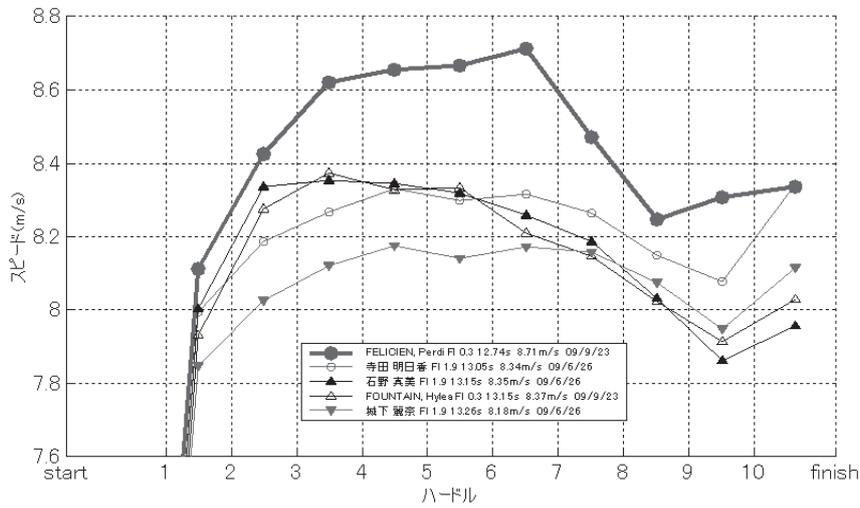


図 8. 09 年シーズン，女子 100m ハードルで測定した上位 5 名のスピード曲線

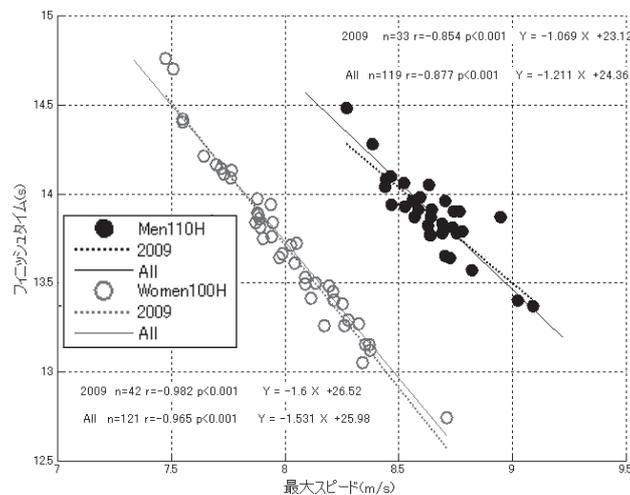


図 9. 09 年シーズン，男女ハードルで測定した最大スピードとフィニッシュタイムの関係  
All は 09 年を含む，06 年からの測定値である。